

(51) Int.Cl.⁵
G 0 2 B 15/16
13/18

識別記号 庁内整理番号
9120-2K
9120-2K

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 5 O.L. (全 18 頁)

(21)出願番号

特願平5-135016

(22)出願日

平成5年(1993)6月7日

(71)出願人

000005821
松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者

山田 克
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72)発明者

小野 周佑
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(74)代理人

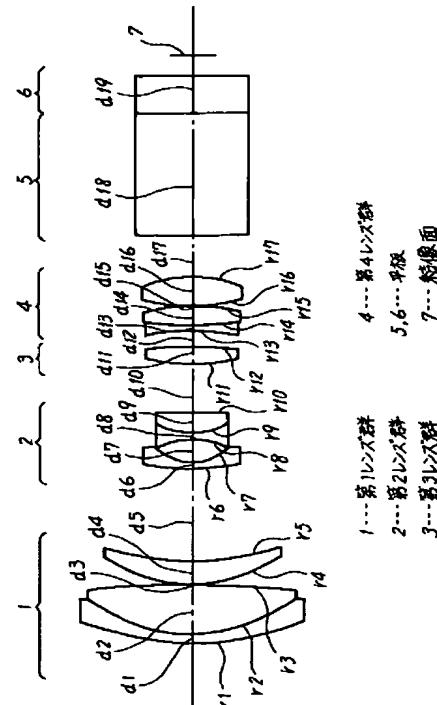
弁理士 森本 義弘

(54)【発明の名称】 非球面ズームレンズとそれを用いたビデオカメラ

(57)【要約】

【目的】 新しいレンズタイプと最適な非球面形状を採用することにより、簡単で組立やすい構成でありながら、10倍程度のズーム比と色分解光学系を挿入できる長いバックフォーカスを有する高性能な非球面ズームレンズを提供し、併せてこの非球面ズームレンズを用いた3板式ビデオカメラを提供する。

【構成】 物体側から順に、凹レンズと両凸レンズおよびメニスカス凸レンズからなり固定群である第1レンズ群1と、メニスカス凹レンズおよび両凹レンズと凸レンズからなり移動群である第2レンズ群2と、少なくとも一面が非球面である単レンズからなり固定群である第3レンズ群3と、少なくとも一面以上の非球面形状を有するレンズを含み、かつ2枚構成の接合レンズと1枚の凸レンズからなり移動群である第4レンズ群4から構成したものである。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 物体側より順に、正の屈折力を持ち像面に対して固定された第1レンズ群と、負の屈折力を持ち光軸上を移動することにより変倍作用を行う第2レンズ群と、像面に対して固定され集光作用を有する正の屈折力の第3レンズ群と、上記第2レンズ群の移動、および物体の移動によって変動する像面を基準面から一定の位置に保つように光軸上を移動する正の屈折力の第4レンズ群とからなる非球面ズームレンズであって、上記第3レンズ群と上記第4レンズ群とが空気間隔を有し、上記第1レンズ群は物体側より順に凹レンズと両凸レンズおよびメニスカス凸レンズから構成され、上記第2レンズ群はメニスカス凹レンズおよび両凹レンズと凸レンズから構成され、上記第3レンズ群は少なくとも一面が非球面である単レンズから構成され、上記第4レンズ群は少なくとも一面以上の非球面形状を有するレンズを含み、かつ2枚構成の接合レンズと1枚の凸レンズで構成された非球面ズームレンズ。

【請求項2】 第3レンズ群が物体側に凸面の向いた正屈折力の非球面単レンズである請求項1記載の非球面ズームレンズ。

【請求項3】 第4レンズ群が物体側から順に、2枚構成の接合レンズ、像側に凸面の向いた凸レンズからなり、かつ少なくとも一面以上が非球面形状を有する請求項1記載の非球面ズームレンズ。

【請求項4】 下記の条件を満足する請求項1記載の非球面ズームレンズ。

- (1) $3.0 < f_1 / f_W < 8.0$
- (2) $0.5 < |f_2| / f_W < 1.6$
- (3) $2.0 < f_3 / f_W < 7.0$
- (4) $2.0 < f_4 / f_W < 5.0$
- (5) $1.5 < B_F / f_W < 5.0$
- (6) $0.02 < d_{12} / f_4 < 1.0$
- (7) $0.3 < r_{11} / f_3 < 1.5$
- (8) $0.3 < |r_{13}| / f_4 < 3.0$
- (9) $0.3 < |r_{17}| / f_4 < 1.5$

ただし、 f_W は広角端における焦点距離、 f_i ($i = 1, 2, 3, 4$) は第*i*レンズ群の焦点距離、 B_F は空気中におけるレンズ最終面から結像面までの間隔、 d_{12} は第3レンズ群と第4レンズ群の間の空気間隔、 r_{11} は第3レンズ群を構成する凸レンズの物体側面の曲率半径、 r_{13} は第4レンズ群を構成する接合レンズの最も物体よりの面の曲率半径、 r_{17} は第4レンズ群を構成する凸レンズの像側面の曲率半径である。

【請求項5】 請求項4記載の非球面ズームレンズを備えたビデオカメラ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、3板式ビデオカメラなどに用いられるズーム比が約10倍という高倍率で、か

つバックフォーカスの長い非球面ズームレンズとそれを用いたビデオカメラに関する。

【0002】

【従来の技術】 最近のビデオカメラは、操作性、機動性とともに高画質が要望され、それに応えて撮像デバイスも小型で、かつ高解像度のものが主流になりつつある。また、それにともない大口径比・小型軽量で、かつ高性能な高倍率ズームレンズが強く要望されている。さらに、コスト低減の要望も強く、高性能を維持しつつ、構成枚数の削減を図った高倍率ズームレンズの実現が強く求められている。

【0003】 しかし、高倍率ズームレンズはレンズ径やレンズ全長が大きくなるばかりでなく、より厳しい収差補正を達成するために多くのレンズ枚数が必要になり、大きく重く高価になったり、または、単レンズを組み合わせて構成されているために公差が厳しく、組み立てにくく、民生用ビデオカメラには適さないものであった。

【0004】 以下、図面を参照しながら、上述した従来のビデオカメラ用ズームレンズの一例について説明する。図15は従来のビデオカメラ用ズームレンズの構成図を示すものである。図15において、21は集光部としての第1レンズ群、22は変倍部としての第2レンズ群、23は集光部としての第3レンズ群、24はフォーカス部としての第4レンズ群、25は色分解光学系、26は水晶フィルターや撮像素子のフェースプレイトなどに相当する等価的なガラス板であり、27は結像面である。

【0005】 以上の構成要素からなるビデオカメラ用ズームレンズについて、以下の動作の説明をする。結像面に対して固定された第1レンズ群21は結像作用を有し、光軸上を移動する第2レンズ群22は倍率を変えて、全系焦点距離を変化させる。固定群である第3レンズ群23は第2レンズ群22によって生じる発散光を集光する作用を有し、光軸上を移動する第4レンズ群24はフォーカス作用を有する。また、ズーミング時の第2レンズ群22の移動によって生じる像面位置の変動を、第4レンズ群24の移動によって無くすことにより、常に結像面位置27を一定に保っている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら上記のような従来構成のズームレンズでは、10倍程度のズーム比を有しているが、第4レンズ群24が3枚の単レンズで構成されており、公差が厳しいという問題を有していた。

【0007】 本発明は上記の問題を解決し、新しいレンズタイプと最適な非球面形状を採用することにより、簡単な構成でありながら、10倍程度のズーム比と色分解光学系を挿入でき、さらに、製造工程において組立て易い長いバックフォーカスを有する高性能な非球面ズームレンズを提供し、合わせてこの非球面ズームレンズを用いたビデオカメラを提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記問題を解決するために本発明の非球面ズームレンズは、物体側より順に、正の屈折力を持ち結像作用を有する第1レンズ群と、負の屈折力を持ち光軸上を移動することにより変倍作用を有する第2レンズ群と、正の屈折力の非球面単レンズからなり集光作用を有する第3レンズ群と、正の屈折力を有しフォーカス調整を行う非球面レンズを含む第4レンズ群から構成され、上記第3レンズ群と上記第4レンズ群が比較的大きな空気間隔を有し、上記第1レンズ群は物体側より順に凹レンズと両凸レンズおよびメニスカス凸レンズから、上記第2レンズ群はメニスカス凹レンズおよび両凹レンズと凸レンズから、上記第3レンズ群は少なくとも一面が非球面である単レンズから構成され、上記第4レンズ群は少なくとも一面以上の非球面形状を有するレンズを含み、かつ2枚構成の接合レンズと、1枚の凸レンズで構成され、かつ各レンズ群が収差性能上好ましいレンズタイプと面形状からなるものである。

【0009】具体的には、上記第3レンズ群が物体側に凸面の向いた正屈折力の非球面単レンズであることが望ましい。更に、具体的には、上記の第4レンズ群が物体側から順に、2枚構成の接合レンズ、像側に凸面の向いた凸レンズからなり、かつ少なくとも一面以上の非球面を有することが望ましい。

【0010】更に、具体的には、上記非球面ズームレンズが下記の条件を満足することが望ましい。

- (1) $3.0 < f_1 / f_W < 8.0$
- (2) $0.5 < |f_2| / f_W < 1.6$
- (3) $2.0 < f_3 / f_W < 7.0$
- (4) $2.0 < f_4 / f_W < 5.0$
- (5) $1.5 < B_F / f_W < 5.0$
- (6) $0.02 < d_{12} / f_4 < 1.0$
- (7) $0.3 < r_{11} / f_3 < 1.5$
- (8) $0.3 < |r_{13}| / f_4 < 3.0$
- (9) $0.3 < |r_{17}| / f_4 < 1.5$

ただし、 f_W は広角端における焦点距離、 f_i ($i = 1, 2, 3, 4$) は第*i*レンズ群の焦点距離、 B_F は空気中におけるレンズ最終面から結像面までの間隔、 d_{12} は第3レンズ群と第4レンズ群の間の空気間隔、 r_{11} は第3レンズ群を構成する凸レンズの物体側面の曲率半径、 r_{13} は第4レンズ群を構成する接合レンズの物体側面の曲率半径、 r_{17} は第4レンズ群を構成する凸レンズの像側面の曲率半径である。

【0011】また、上記目的を達成する本発明のビデオカメラは、少なくとも上記非球面ズームレンズと、色分解光学系と、3枚の撮像素子と、信号処理回路と、ビューファインダーから構成される。

【0012】

【作用】本発明は上記構成によって従来の問題を解決している。すなわち、上記第1レンズ群は凹レンズと両凸

レンズおよびメニスカス凸レンズとし、上記第2レンズ群はメニスカス凹レンズおよび両凹レンズと凸レンズとし、上記第3レンズ群を物体側に凸面の向いた正の屈折力の非球面単レンズとし、上記の第4レンズ群を物体側から順に、2枚構成の接合レンズ、像側に凸面の向いた凸レンズとし、かつ少なくとも一面以上の非球面形状を設けることにより、10倍程度のズーム比と長いバックフォーカスを有する高倍率の非球面ズームレンズを、簡単な構成で提供できる。

【0013】また、条件(1)～(9)を満足することにより、簡単な構成で収差の良く補正された高性能な非球面ズームレンズを提供できる。また、本発明の非球面ズームレンズを用いることにより、小型・軽量で高倍率・高画質の3板式ビデオカメラを実現することができる。

【0014】

【実施例】以下、本発明の実施例の具体例について図面に基づき詳細に述べる。図1は本発明の非球面ズームレンズの一実施例の構成図を示す。図1において、1は第1レンズ群、2は第2レンズ群、3は第3レンズ群、4は第4レンズ群、5は色分解光学系に光学的に等価な平板、6は水晶フィルターや撮像デバイスのフェースプレートなどに光学的に等価な平板である。

【0015】非球面ズームレンズは、正の屈折力を持ち結像作用を有し固定群である第1レンズ群1と、負の屈折力を持ち光軸上を移動することにより変倍作用を行う第2レンズ群2と、正の屈折力の非球面レンズからなり集光作用を有し固定群である第3レンズ群3と、正の屈折力を有し光軸上を移動してフォーカス調整を行う非球面レンズを含む第4レンズ群4から構成されている。第3レンズ群3と第4レンズ群4が比較的大きな空気間隔を有し、第1レンズ群1は物体側より順に接合レンズおよび正屈折力のメニスカスレンズから構成され、第2レンズ群2は負の屈折力のメニスカスレンズおよび接合レンズから構成され、第3レンズ群3は少なくとも一面が非球面である単レンズから構成され、第4レンズ群4は少なくとも一面以上の非球面形状を有するレンズを含み、かつ2枚構成の接合レンズと1枚の凸レンズで構成されている。

【0016】また、非球面ズームレンズは下記の条件を満足する。

- (1) $3.0 < f_1 / f_W < 8.0$
- (2) $0.5 < |f_2| / f_W < 1.6$
- (3) $2.0 < f_3 / f_W < 7.0$
- (4) $2.0 < f_4 / f_W < 5.0$
- (5) $1.5 < B_F / f_W < 5.0$
- (6) $0.02 < d_{12} / f_4 < 1.0$
- (7) $0.3 < r_{11} / f_3 < 1.5$
- (8) $0.3 < |r_{13}| / f_4 < 3.0$
- (9) $0.3 < |r_{17}| / f_4 < 1.5$

ただし、 f_W は広角端における焦点距離、 f_i ($i =$

1, 2, 3, 4) は第 i レンズ群の焦点距離、BF は空気中におけるレンズ最終面から結像面までの間隔、 d_1 2 は第 3 レンズ群 3 と第 4 レンズ群 4 の間の空気間隔、 r_{11} は第 3 レンズ群 3 を構成する凸レンズの物体側面の曲率半径、 r_{13} は第 4 レンズ群 4 を構成する接合レンズの最も物体よりの面の曲率半径、 r_{17} は第 4 レンズ群 4 を構成する凸レンズの像側面の曲率半径である。

【0017】ズームレンズをコンパクトに構成するには各レンズ群の屈折力を強くすることが必要である。上記条件 (1)、条件 (2)、条件 (3)、条件 (4) は各レンズ群の屈折力を規定する条件式であり、コンパクトさを実現する強い屈折力を与え、かつ各レンズ群のレンズタイプ、面形状などを最適に設定することにより良好な収差性能を満足する範囲である。

【0018】第 3 レンズ群 3 が物体側に凸面の向いた非球面レンズであるという条件は、単レンズで第 3 レンズ群 3 を構成し、かつ F ナンバー約 1.8 という大口径の諸収差を補正するのに欠かせないものである。特に、第 3 レンズ群 3 の非球面形状は球面収差の補正に大きな効果を有する。

【0019】第 4 レンズ群 4 が 2 枚構成の接合レンズと 1 枚の凸レンズで構成され、かつ少なくとも一面の非球面形状を有すると言う条件は、長いバックフォーカスを実現し、3 枚という少ない構成枚数で、軸上および軸外の色収差を補正し、かつ単色の軸外収差、特にコマ収差を補正し、かつ組み立て工程における公差を緩くする上で欠かせないものである。

【0020】次に、各条件についてより詳しく説明する。条件 (1) は第 1 レンズ群 1 の屈折力に関する条件である。下限を越えると第 1 レンズ群 1 の屈折力が大きくなりすぎるため、長焦点側における球面収差の補正が困難となる。上限を越えるとレンズ長が大きくなり、コンパクトなズームレンズが実現できない。

【0021】条件 (2) は第 2 レンズ群 2 の屈折力に関する条件である。下限からはずれる時には、コンパクトに形成できるが、全系のペツツバール和が大きく負になり、硝材の選択のみでは像面湾曲の補正ができない。上限を越えると収差補正は容易であるが、変倍系が長くなり全系のコンパクト化が達成できない。

【0022】条件 (3) は第 3 レンズ群 3 の屈折力に関する条件である。下限を越えると第 3 レンズ群 3 の屈折力が大きくなりすぎるため、色分解光学系を挿入できるバックフォーカスを実現できず、さらに球面収差の補正が困難となる。上限を越えると第 1 レンズ群 1、第 2 レンズ群 2、第 3 レンズ群 3 の合成系が発散系となるため、その後ろに位置する第 4 レンズ群 4 のレンズ外径を小さくすることができず、また、全体系のペツツバール和を小さくすることができない。

【0023】条件 (4) は第 4 レンズ群 4 の屈折力に関する条件である。下限からはずれる時には、画面包括範囲

が狭くなり、所望の範囲を得るには第 1 レンズ群 1 のレンズ径を大きくする必要があり、小型・軽量化が実現できない。上限を越えると収差補正は容易であるが、近距離撮影時での第 4 レンズ群 4 の移動量が大きくなり、全系のコンパクト化が達成できないばかりでなく、近距離撮影時と遠距離撮影時の軸外収差のアンバランスの補正が困難となる。

【0024】条件 (5) はバックフォーカス長に関する条件式である。下限を越えると充分な色分解ができるだけの長さを持った色分解光学系を挿入することができない。上限を越えるとコンパクトにできない。

【0025】条件 (6) は第 3 レンズ群 3 と第 4 レンズ群 4 との空気間隔に関する条件式である。下限を越えると軸外光線高が小さくなり、硝材の選択のみでは倍率色収差の補正が困難となる。また、近距離撮影時の第 4 レンズ群 4 の移動量に制約が生じ、充分な撮影至近距離が実現できない。上限を越えると全系のコンパクト化が難しい。また、画面周辺での充分な光量を確保するとき、第 4 レンズ群 4 のレンズ外径を小さくすることができない。

【0026】条件 (7) は第 3 レンズ群 3 を構成する非球面レンズの物体側面の曲率半径に関するものである。物体側面、あるいは像側面のいずれか一方、あるいは両方に非球面を導入し、その形状を最適に設定することにより、単レンズにもかかわらず諸収差をよく補正することができる。しかし、条件 (7) の下限を越えると球面収差が補正困難となり、上限を外れると、主光線より下側の軸外光線に対するコマ収差の補正が困難となる。

【0027】条件 (8) は第 4 レンズ群 4 を構成する凹レンズの物体側面の曲率半径に関するものである。条件 (8) の下限を外れると、これらの面への入射角が大きくなり、主光線より下側の軸外光線に対するコマ収差の補正が困難となり、また、上限を越えると、凹レンズの屈折力を大きくできず、充分な長さのバックフォーカスを得られない。

【0028】条件 (9) は第 4 レンズ群 4 を構成する 2 枚の凸レンズのうち像側に位置する凸レンズの像側面の曲率半径に関するものである。条件 (9) の下限を外れると、これらの面からの射出角が大きくなり、主光線より上側の軸外光線に対するコマ収差の補正、および広角側の歪曲収差の補正が困難となる。また、上限を越えると中間の凸レンズの屈折力が大きくなる結果、充分な長さのバックフォーカスが得られない。

【0029】次に、具体的な数値例を、(表 1) に示す。この表において、 r はレンズ面の曲率半径、 d はレンズの肉厚またはレンズ間の空気間隔、 n は各レンズの d 線に対する屈折率、 v は各レンズの d 線に対するアベ数である。

【0030】また、非球面形状は次式で定義している。

【0031】

【数1】

$$Z = \frac{CY^2}{1 + \sqrt{1 - (1+K) C^2 Y^2}} + D \cdot Y^4 + E \cdot Y^6 + F \cdot Y^8 + G \cdot Y^{10}$$

【0032】Z: 光軸からの高さがYにおける非球面上 *D, E, F, G: 非球面係数

の点の非球面頂点からの距離

Y: 光軸からの高さ

C: 非球面頂点の曲率 ($= 1/r$)

【0033】

【表1】

*

群	面	r	d	n	ν
1	1	2 3. 8 8 5	0. 9 0	1. 8 0 5 1 8	2 5. 4
	2	1 4. 1 4 4	4. 8 0	1. 5 8 9 1 3	6 1. 0
	3	- 7 7. 0 8 2	0. 1 0		
	4	1 2. 7 6 3	2. 2 0	1. 6 0 3 1 1	6 0. 7
	5	2 1. 0 8 2	可変		
2	6	2 1. 0 8 2	0. 6 0	1. 7 7 2 5 0	4 9. 6
	7	4. 4 4 4	2. 3 0		
	8	- 5. 5 6 6	0. 7 0	1. 6 6 5 4 7	5 5. 2
	9	5. 5 6 6	2. 0 0	1. 7 9 9 2 5	2 4. 5
	10	∞	可変		
3	11	1 3. 7 6 1	1. 6 5	1. 5 1 4 5 0	6 3. 1
	12	- 4 7. 0 2 7	可変		
4	13	- 1 9. 0 7 6	0. 6 0	1. 8 4 6 6 6	2 3. 9
	14	3 3. 8 3 7	1. 9 0	1. 5 1 4 5 0	6 3. 1
	15	- 1 1. 4 3 4	0. 1 0		
	16	1 9. 5 7 8	2. 8 0	1. 5 1 6 3 3	6 4. 1
	17	- 9. 7 1 0	可変		
5	18	∞	1 2. 0 0	1. 5 8 9 1 3	6 1. 0
6	19	∞	3. 7 0	1. 5 1 6 3 3	6 4. 1
	20	∞	-		

【0034】なお、第11面、第12面、第15面は非球面であり、非球面係数を(表2)に示す。※【0035】

※【表2】

面	11	12	15
K	2. 7 3 3 5 6 E - 1	0. 0 0 0 0 0	- 2. 6 0 0 1 1
D	- 6. 8 3 5 5 2 E - 5	2. 1 1 9 3 2 E - 4	9. 6 8 4 4 6 E - 5
E	- 3. 0 4 0 7 5 E - 5	- 3. 5 6 1 2 0 E - 5	8. 1 2 2 7 5 E - 6
F	- 1. 1 4 2 7 2 E - 7	2. 3 9 3 3 3 E - 7	- 1. 2 3 3 5 2 E - 8
G	1. 7 1 3 8 7 E - 8	3. 2 2 4 6 0 E - 9	1. 0 2 7 7 7 E - 9

【0036】次に、ズーミングにより可変な空気間隔の一例として、無限遠物点の時の値を(表3)に示し、レンズ先端から測って2m位置の物点の時の値を(表4)に示し、レンズ先端から測って1m位置の物点の時の値を(表5)に示す。これらの表において、標準位置は各

物点位置において、第4レンズ群4が第3レンズ群3に最も接近するズーム位置である。なお、fとF/NOは、それぞれ広角端と望遠端における焦点距離とFナンバーである。

50 【0037】

【表3】

	広角端	標準	望遠端
f	4. 0 6 0	1 9. 3 4 9	4 0. 3 3 7
F/N O	1. 8 4 4	2. 2 1 4	2. 3 9 1
d 5	0. 7 0 0	9. 1 0 5	1 1. 7 7 1
d 1 0	1 1. 9 4 8	3. 5 4 4	2. 4 7 8
d 1 2	4. 7 5 0	1. 8 0 8	4. 7 5 0
d 1 7	1. 0 0 0	3. 9 4 2	1. 0 0 0

【0038】

【表4】

	広角端	標準	望遠端
f	4. 0 6 0	2 0. 6 7 0	4 0. 2 8 3
F/N O	1. 8 4 4	2. 2 4 0	2. 2 8 0
d 5	0. 7 0 0	9. 3 4 6	1 1. 7 7 1
d 1 0	1 1. 9 4 8	3. 3 0 2	2. 4 7 8
d 1 2	4. 7 4 2	1. 5 8 7	3. 9 7 8
d 1 7	1. 0 0 8	4. 1 6 2	1. 7 7 2

【0039】

【表5】

	広角端	標準	望遠端
f	4. 0 6 0	2 2. 1 3 8	4 0. 2 3 2
F/N O	1. 8 4 5	2. 2 6 8	2. 2 7 4
d 5	0. 7 0 0	9. 5 9 5	1 1. 7 7 1
d 1 0	1 1. 9 4 8	3. 0 5 3	2. 4 7 8
d 1 2	4. 7 3 4	1. 3 8 4	3. 2 7 7
d 1 7	1. 0 1 6	4. 3 6 6	2. 4 7 3

【0040】第1の実施例についての各条件 (1)～(9) の値を(数2)に示す。

【0041】

【数2】

- (1) $f_1 / f_W = 5. 3 9$
- (2) $f_2 / f_W = 0. 9 6$
- (3) $f_3 / f_W = 5. 1 4$
- (4) $f_4 / f_W = 3. 1 5$
- (5) $B F / f_W = 3. 2 \sim 4. 0$
- (6) $d_1 2 / f_4 = 0. 1 1 \sim 0. 1 4$
- (7) $r_1 1 / f_3 = 0. 6 6$
- (8) $|r_1 3| / f_4 = 1. 4 9$
- (9) $|r_1 7| / f_4 = 0. 7 6$

【0042】また、各数値が上記と異なる第2の実施例を(表6)に示す。

40 【0043】

【表6】

群	面	r	d	n	ν
1	1	2 3. 8 8 5	0. 9 0	1. 8 0 5 1 8	2 5. 4
	2	1 4. 1 4 4	4. 8 0	1. 5 8 9 1 3	6 1. 0
	3	- 7 7. 0 8 2	0. 1 0		
	4	1 2. 7 6 3	2. 2 0	1. 6 0 3 1 1	6 0. 7
	5	2 1. 0 8 2	可変		
2	6	2 1. 0 8 2	0. 6 0	1. 7 7 2 5 0	4 9. 6
	7	4. 4 4 4	2. 3 0		
	8	- 5. 5 6 6	0. 7 0	1. 6 6 5 4 7	5 5. 2
	9	5. 5 6 6	2. 0 0	1. 7 9 9 2 5	2 4. 5
	10	∞	可変		
3	1 1	1 6. 4 3 5	1. 6 5	1. 5 1 4 5 0	6 3. 1
	1 2	- 3 4. 7 5 7	可変		
4	1 3	- 1 4. 9 9 6	0. 6 0	1. 8 4 6 6 6	2 3. 9
	1 4	9 9. 1 3 2	1. 9 0	1. 5 1 4 5 0	6 3. 1
	1 5	- 9. 1 3 6	0. 1 0		
	1 6	1 7. 6 5 2	2. 8 0	1. 4 8 7 4 9	6 6. 0
	1 7	- 1 0. 5 5 1	可変		
5	1 8	∞	1 2. 0 0	1. 5 8 9 1 3	6 1. 0
6	1 9	∞	3. 7 0	1. 5 1 6 3 3	6 4. 1
	2 0	∞	-		

【0044】なお、第11面、第12面、第15面は非球面で *【0045】

あり、非球面係数を(表7)に示す。

*30 【表7】

面	1 1	1 2	1 5
K	2. 7 3 3 5 6 E - 1	0. 0 0 0 0 0	- 2. 6 0 0 1 1
D	- 6. 8 3 5 5 2 E - 5	2. 1 1 9 3 2 E - 4	- 1. 6 3 3 5 8 E - 4
E	- 3. 0 4 0 7 5 E - 5	- 3. 5 6 1 2 0 E - 5	7. 9 9 1 3 0 E - 6
F	- 1. 1 4 2 7 2 E - 7	2. 3 9 3 3 3 E - 7	- 1. 2 3 3 5 2 E - 8
G	1. 7 1 3 8 7 E - 8	3. 2 2 4 6 0 E - 9	1. 0 2 7 7 7 E - 9

【0046】次に、ズーミングにより可変な空気間隔の一例として、レンズ先端から測って2m位置の物点の時の値を(表8)に示す。

【0047】

【表8】

	広角端	標準	望遠端
f	4. 0 0 0	2 0. 4 2 9	3 9. 7 5 1
F / N O	1. 8 4 1	2. 2 2 1	2. 2 4 8
d 5	0. 7 0 0	9. 3 4 6	1 1. 7 7 1
d 1 0	1 1. 9 4 8	3. 3 0 2	2. 4 7 8
d 1 2	4. 7 4 2	1. 6 6 1	4. 0 0 7
d 1 7	1. 0 0 8	4. 0 8 9	1. 7 4 3

【0048】第2の実施例についての各条件 (1)～(9) の値を(数3)に示す。

【0049】

【数3】

$$(1) f_1 / f_W = 5. 4 7$$

$$(2) f_2 / f_W = 0. 9 8$$

$$(3) f_3 / f_W = 5. 4 8$$

$$(4) f_4 / f_W = 3. 1 4$$

$$(5) B F / f_W = 3. 3 \sim 4. 0$$

$$(6) d_1 2 / f_4 = 0. 1 1 \sim 0. 1 5 \quad 20$$

$$(7) r_1 1 / f_3 = 0. 7 5$$

$$(8) | r_1 3 | / f_4 = 1. 1 9$$

$$(9) | r_1 7 | / f_4 = 0. 8 4$$

【0050】また、各数値が上記と異なる第3の実施例を(表9)に示す。

【0051】

【表9】

群	面	r	d	n	ν
1	1	2 4. 0 4 4	0. 9 0	1. 8 0 5 1 8	2 5. 4
	2	1 4. 1 2 8	4. 8 0	1. 5 8 9 1 3	6 1. 0
	3	- 7 4. 6 1 9	0. 1 0		
	4	1 3. 1 6 6	2. 2 0	1. 6 0 3 1 1	6 0. 7
	5	2 0. 0 2 1	可变		
2	6	1 1. 6 1 8	0. 6 0	1. 7 7 2 5 0	4 9. 6
	7	4. 7 2 8	2. 3 0		
	8	- 5. 7 5 2	0. 7 0	1. 6 6 5 4 7	5 5. 2
	9	5. 2 6 2	2. 0 0	1. 7 9 9 2 5	2 4. 5
	10	3 6. 0 0 3	可变		
3	1 1	1 4. 9 6 1	1. 6 5	1. 5 1 4 5 0	6 3. 1
	1 2	- 5 8. 8 7 7	可变		
4	1 3	- 1 6. 7 9 5	0. 6 0	1. 8 4 6 6 6	2 3. 9
	1 4	2 4 9. 9 6 9	1. 9 0	1. 5 1 4 5 0	6 3. 1
	1 5	- 9. 5 9 3	0. 1 0		
	1 6	1 6. 8 0 5	2. 8 0	1. 4 8 7 4 9	6 6. 0
	1 7	- 1 1. 3 9 4	可变		
5	1 8	∞	1 2. 0 0	1. 5 8 9 1 3	6 1. 0
6	1 9	∞	3. 7 0	1. 5 1 6 3 3	6 4. 1
	2 0	∞	-		

【0052】なお、第11面、第12面、第15面は非球面で *【0053】

あり、非球面係数を（表10）に示す。

*30 【表10】

面	1 1	1 2	1 5
K	2. 7 3 3 5 6 D - 1	0. 0 0 0 0 0	- 2. 6 0 0 1 1
D	- 6. 8 9 0 9 3 E - 5	2. 1 1 9 3 2 E - 4	- 1. 6 3 3 5 8 E - 4
E	- 3. 0 4 0 7 5 E - 5	- 3. 5 6 1 2 0 E - 5	7. 9 9 1 3 0 E - 6
F	- 1. 1 4 2 7 2 E - 7	2. 3 9 3 3 3 E - 7	- 1. 2 3 3 5 2 E - 8
G	1. 7 1 3 8 7 E - 8	3. 2 2 4 6 0 E - 9	1. 0 2 7 7 7 E - 9

【0054】次に、ズーミングにより可変な空気間隔の一例として、レンズ先端から測って2m位置の物点の時の値を（表11）に示す。

【0055】

【表11】

	広角端	標準	望遠端
f	4. 4 0 7	2 1. 1 7 8	4 1. 2 0 4
F / N O	1. 8 5 6	2. 1 9 3	2. 3 2 9
d 5	0. 4 0 0	9. 2 3 0	1 2. 0 0 0
d 1 0	1 2. 2 4 8	3. 4 1 8	2. 2 4 8
d 1 2	4. 8 2 9	1. 8 4 6	4. 5 0 5
d 1 7	0. 9 2 1	3. 9 0 2	1. 2 4 5

【0056】第3の実施例についての各条件 (1) ~ (9) の値を (数4) に示す。

【0057】

【数4】

- (1) $f_1 / f_W = 5. 2 3$
- (2) $f_2 / f_W = 0. 9 8$
- (3) $f_3 / f_W = 5. 3 0$
- (4) $f_4 / f_W = 2. 8 1$
- (5) $B F / f_W = 2. 9 \sim 3. 6$
- (6) $d_{12} / f_4 = 0. 1 3 \sim 0. 1 7$ ²⁰
- (7) $r_{11} / f_3 = 0. 6 4$
- (8) $|r_{13}| / f_4 = 1. 3 6$
- (9) $|r_{17}| / f_4 = 0. 9 2$

【0058】次に、第4の実施例の構成図を図11に示し、数値を (表12) に示す。

【0059】

【表12】

群	面	r	d	n	ν
1	1	2 3. 8 8 4	0. 9 0	1. 8 0 5 1 8	2 5. 4
	2	1 4. 1 4 4	4. 8 0	1. 5 8 9 1 3	6 1. 0
	3	- 7 7. 0 9 4	0. 1 0		
	4	1 2. 7 6 2	2. 2 0	1. 6 0 3 1 1	6 0. 7
	5	2 1. 0 8 0	可変		
2	6	2 1. 1 4 1	0. 6 0	1. 7 7 2 5 0	4 9. 6
	7	4. 4 2 3	2. 3 0		
	8	- 5. 4 7 7	0. 7 0	1. 6 6 5 4 7	5 5. 2
	9	6. 0 1 1	2. 0 0	1. 8 4 6 6 6	2 3. 9
	10	3 0 1. 4 4 2	可変		
3	1 1	1 6. 4 3 4	1. 6 5	1. 5 1 4 5 0	6 3. 1
	1 2	- 3 4. 7 0 4	可変		
4	1 3	- 2 7. 7 7 0	0. 6 0	1. 8 4 6 6 6	2 3. 9
	1 4	2 5. 0 5 8	1. 9 0	1. 5 1 4 5 0	6 3. 1
	1 5	- 9. 8 3 2	0. 1 0		
	1 6	1 4. 4 1 6	2. 8 0	1. 4 8 7 4 9	6 6. 0
	1 7	- 1 2. 6 8 7	可変		
5	1 8	∞	1 0. 0 0	1. 5 8 9 1 3	6 1. 0
6	1 9	∞	3. 2 0	1. 5 1 6 3 3	6 4. 1
	2 0	∞	-		

【0060】なお、第11面、第12面、第15面は非球面で *【0061】

あり、非球面係数を(表13)に示す。

*30 【表13】

面	1 1	1 2	1 5
K	2. 3 7 6 8 8 E - 1	0. 0 0 0 0 0	- 2. 6 0 3 5 3
D	- 7. 1 0 3 9 7 E - 5	2. 2 9 0 7 0 E - 4	- 1. 5 3 6 5 8 E - 4
E	- 3. 2 3 5 7 1 E - 5	- 3. 8 2 0 1 2 E - 5	5. 8 4 3 4 2 E - 6
F	- 1. 3 1 7 0 4 E - 7	2. 4 5 0 7 1 E - 7	- 2. 5 4 7 5 8 E - 8
G	2. 0 8 3 6 1 E - 8	3. 1 9 9 7 0 E - 9	1. 1 0 5 7 5 E - 9

【0062】次に、ズーミングにより可変な空気間隔の一例として、レンズ先端から測って2m位置の物点の時の値を(表14)に示す。

【0063】

【表14】

	広角端	標準	望遠端
f	3. 746	18. 988	37. 183
F / NO	1. 811	2. 205	2. 099
d 5	0. 700	9. 367	11. 771
d 10	11. 948	3. 281	2. 478
d 12	4. 742	2. 081	4. 104
d 17	1. 008	3. 669	1. 646

【0064】第4の実施例についての各条件(1)～(9)の値を(数5)に示す。

【0065】

【数5】

- (1) $f_1 / f_W = 5. 84$
- (2) $f_2 / f_W = 1. 04$
- (3) $f_3 / f_W = 5. 85$
- (4) $f_4 / f_W = 3. 13$
- (5) $Bf / f_W = 3. 1 \sim 3. 8$
- (6) $d_{12} / f_4 = 0. 16 \sim 0. 19$
- (7) $r_{11} / f_3 = 0. 75$
- (8) $|r_{13}| / f_4 = 2. 37$
- (9) $|r_{17}| / f_4 = 1. 11$

20

30

【0066】ここで、図2～図4の(a), (b), (c), (d), (e)はそれぞれ(表1)に示した第1実施例の非球面ズームレンズの広角端、標準、望遠端における収差図である。同様に、図5～図7の(a), (b), (c), (d), (e)は(表6)に示した第2実施例の非球面ズームレンズの収差性能、図8～図10の(a), (b), (c), (d), (e)は(表9)に示した第3実施例の非球面ズームレンズの収差性能、図12～図14の(a), (b), (c), (d), (e)は(表12)に示した第4実施例の非球面ズームレンズの収差性能を示す。これらの図から、各実施例とも良好な光学性能を有していることが分かる。

【0067】なお、球面収差の図において、実線はd線に対する値、点線は正弦条件を示す。非点収差の図において、実線はサジタル像面湾曲、点線はメリディオナル像面湾曲を示す。軸上色収差の図において、実線はd線、点線はF線、波線はC線に対する値を示す。倍率色収差の図において、点線はF線、波線はC線に対する値を示す。

【0068】また、本発明の3板式ビデオカメラは、少なくとも本発明の上記実施例の高倍率ズームレンズと、色分解プリズム等の光学系と、3枚の撮像素子と、信号処理回路と、ビューファインダーから構成され、これにより、小型・軽量・高性能なビデオカメラを実現できる。

【0069】なお、以上の説明では第4レンズ群4の接合レンズが物体側より順に負のパワーを持つレンズ、正

のパワーを持つレンズの組み合わせの場合について述べたが、正のパワーを持つレンズ、負のパワーを持つレンズの組み合わせの場合に応用できるのはもちろんのことである。さらに、以上の説明では第4レンズ群4の接合レンズ、凸レンズのうち接合レンズの像側の凸面が非球面形状を有する場合について述べたが、凸レンズが非球面形状を有する場合にも、また接合レンズを構成する凹レンズが非球面形状を有する場合にも応用することができるのももちろんである。

【0070】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように本発明によれば、物体側より順に、正の屈折力を持ち像面に対して固定された第1レンズ群と、負の屈折力を持ち光軸上を移動することにより変倍作用を行う第2レンズ群と、像面に対して固定され集光作用を有する正の屈折力の第3レンズ群と、上記第2レンズ群の移動、および物体の移動によって変動する像面を基準面から一定の位置に保つように光軸上を移動する正の屈折力の第4レンズ群とからなる非球面ズームレンズであって、上記第3レンズ群と上記第4レンズ群とが空気間隔を有し、上記第1レンズ群は物体側より順に凹レンズと両凸レンズおよびメニスカス凸レンズから構成し、上記第2レンズ群はメニスカス凹レンズおよび両凹レンズと凸レンズから構成し、上記第3レンズ群は少なくとも一面が非球面である単レンズから構成し、上記第4レンズ群は少なくとも一面以上の非球面形状を有するレンズを含み、かつ2枚構成の接合レンズと1枚の凸レンズで構成することにより、Fナンバーが約1. 8、ズーム比が約10倍で、バックフォーカスが長く高性能な非球面ズームレンズを10枚という少ない構成枚数で実現することができ、この非球面ズームレンズを用いて、小型・軽量・高性能な3板式ビデオカメラを実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例の非球面ズームレンズの構成図

【図2】(表1)に示した第1実施例の非球面ズームレンズの収差性能を示す収差図

【図3】(表1)に示した第1実施例の非球面ズームレンズの収差性能を示す収差図

50

【図4】(表1)に示した第1実施例の非球面ズームレンズの収差性能を示す収差図

【図5】(表6)に示した第2実施例の非球面ズームレンズの収差性能を示す収差図

【図6】(表6)に示した第2実施例の非球面ズームレンズの収差性能を示す収差図

【図7】(表6)に示した第2実施例の非球面ズームレンズの収差性能を示す収差図

【図8】(表9)に示した第3実施例の非球面ズームレンズの収差性能を示す収差図

【図9】(表9)に示した第3実施例の非球面ズームレンズの収差性能を示す収差図

【図10】(表9)に示した第3実施例の非球面ズームレンズの収差性能を示す収差図

【図11】本発明の第4の実施例の構成図

【図12】(表12)に示した第4実施例の非球面ズームレンズの収差性能を示す収差図

【図13】(表12)に示した第4実施例の非球面ズームレンズの収差性能を示す収差図

【図14】(表12)に示した第4実施例の非球面ズームレンズの収差性能を示す収差図

【図15】従来の非球面ズームレンズの構成図

【符号の説明】

1 第1レンズ群

10 2 第2レンズ群

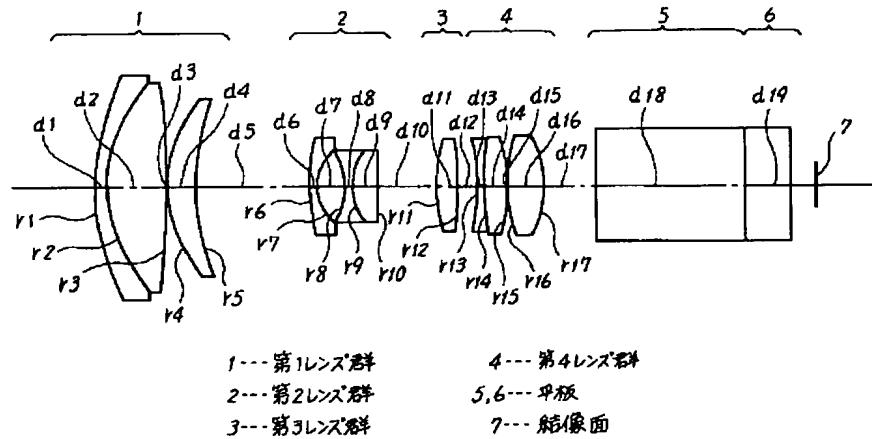
3 第3レンズ群

4 第4レンズ群

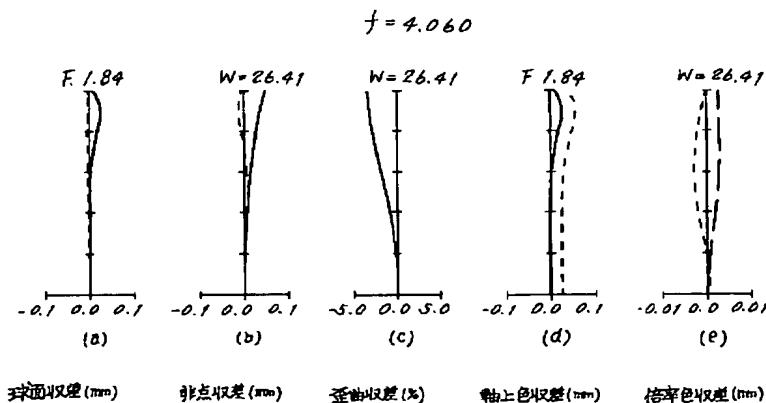
5, 6 平板

7 結像面

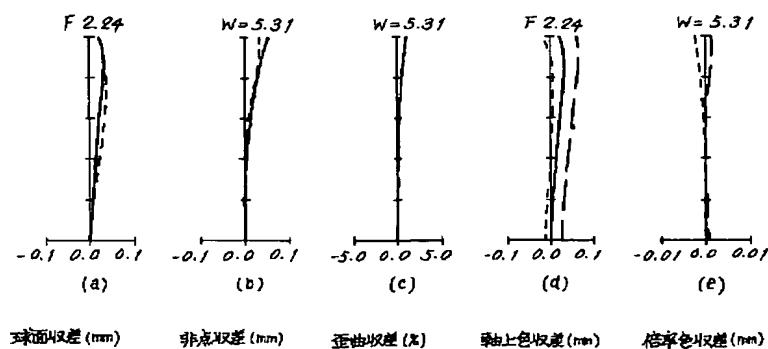
【図1】



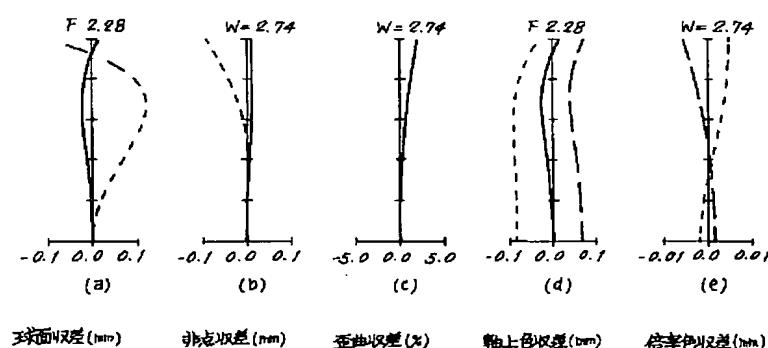
【図2】



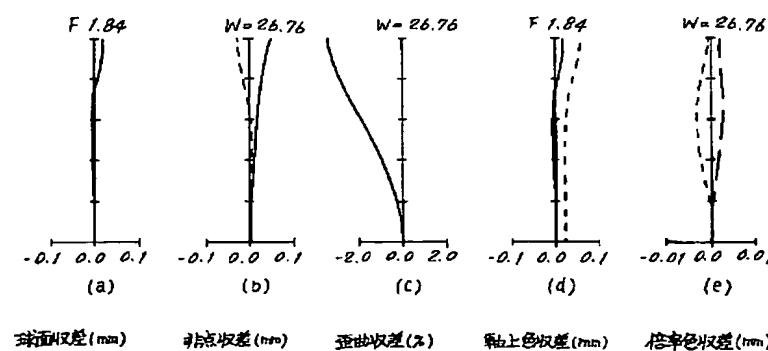
【図3】

 $f = 22.138$ 

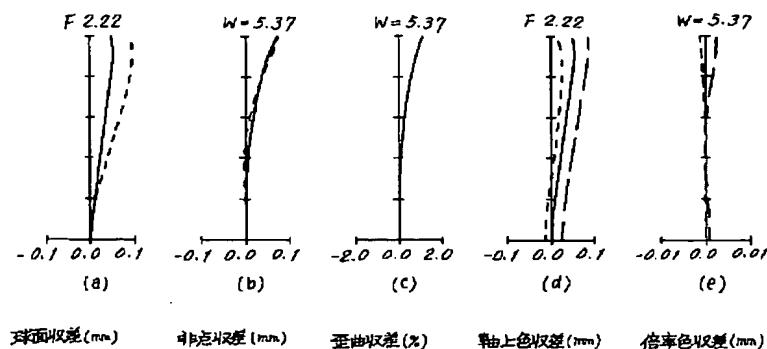
【図4】

 $f = 40.232$ 

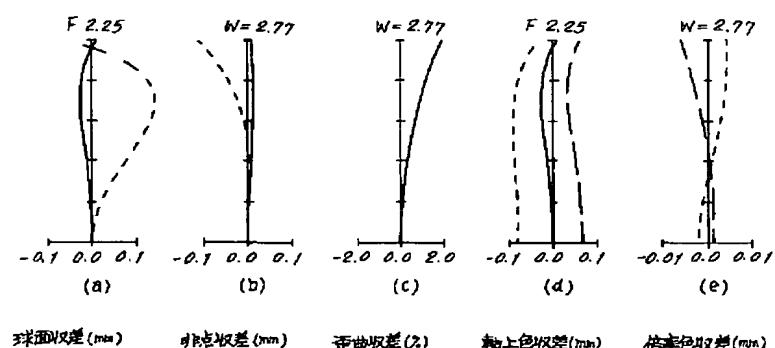
【図5】

 $f = 4.000$ 

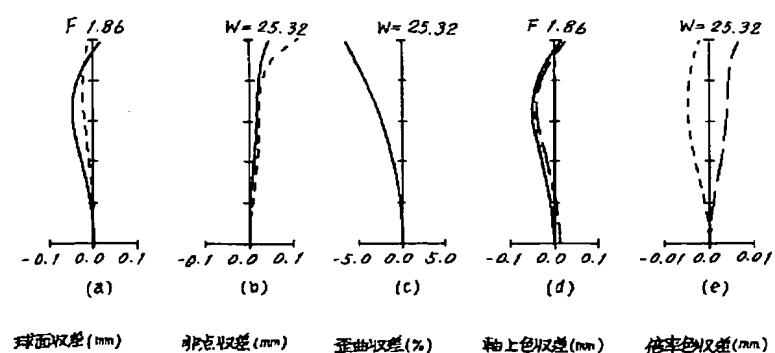
【図6】

 $f = 20.429$ 

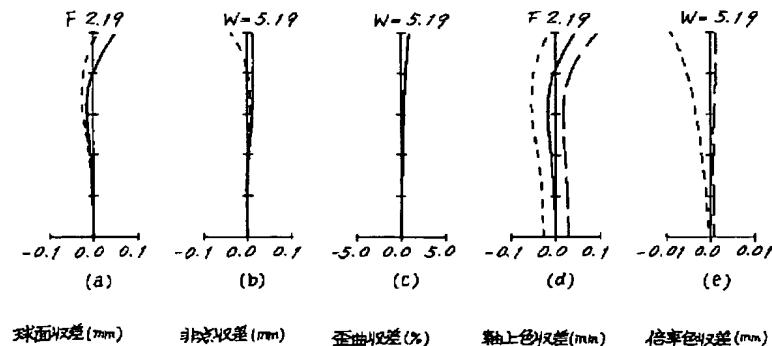
【図7】

 $f = 39.751$ 

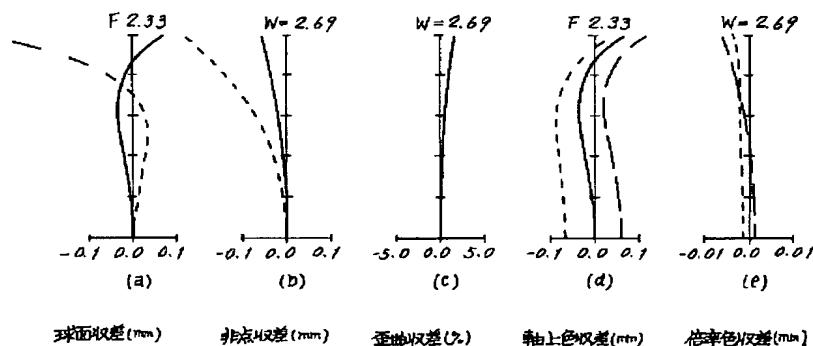
【図8】

 $f = 4.407$ 

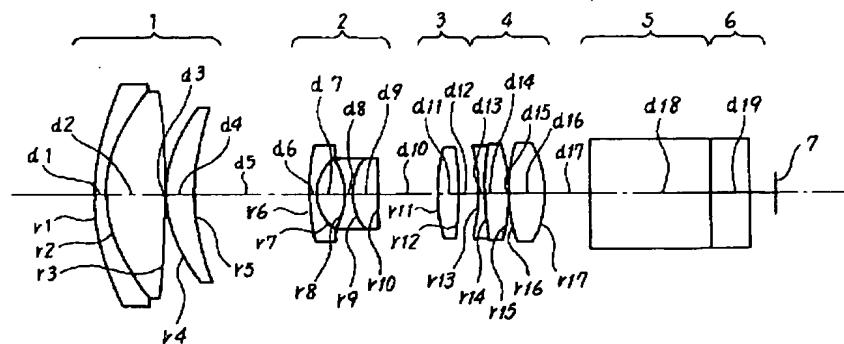
【図9】

 $f = 21,178$ 

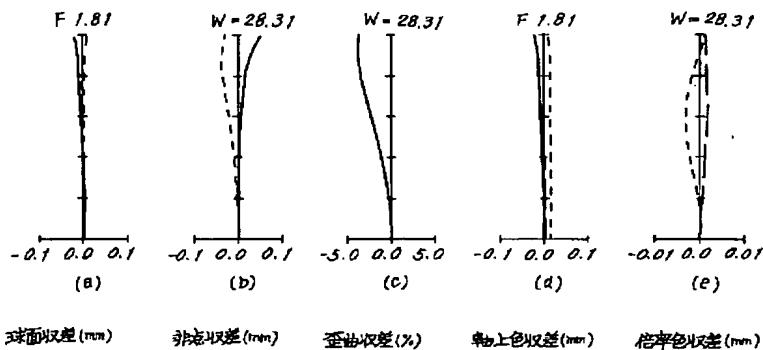
【図10】

 $f = 41,204$ 

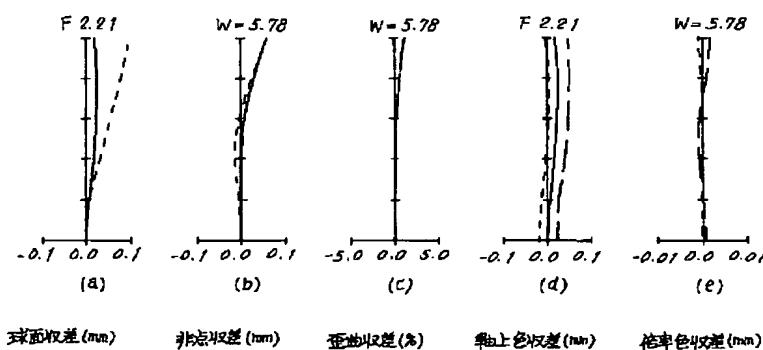
【図11】



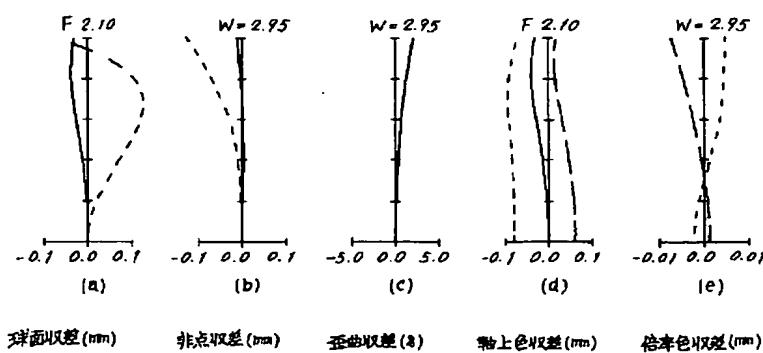
【図12】

 $f = 3.746$ 

【図13】

 $f = 18.988$ 

【図14】

 $f = 37.183$ 

【図15】

